

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-235338

(43)Date of publication of application : 31.08.1999

(51)Int.Cl.

A61B 8/00
G01N 29/22
G01S 7/523
G01S 15/89

(21)Application number : 10-038280

(71)Applicant : GE YOKOGAWA MEDICAL SYSTEMS LTD

(22)Date of filing : 20.02.1998

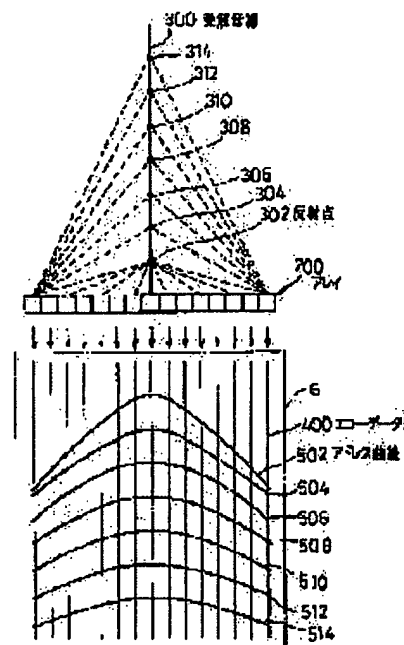
(72)Inventor : TAKEUCHI YASUTO

(54) WAVE-RECEIVING BEAM FORMING METHOD AND DEVICE AND ULTRASONOGRAPH

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wave-receiving beam forming method and device ensuring a high efficiency of data processing by a plurality of processors and provide an ultrasonograph having such a wave-receiving beam forming device.

SOLUTION: Ultrasonic waves are transmitted to an imaging subject, and their echoes are received by an array 200 of plural receiving elements and stored in a memory 6. For each of address groups 504-514 where the echoes from reflection points 302-314 on a wave-receiving sound line 300 are located on an echo signal line 400, echo signals are added together by a plurality of processors.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-235338

(43)公開日 平成11年(1999) 8月31日

(51)Int.Cl.⁹
A 6 1 B 8/00
G 0 1 N 29/22
G 0 1 S 7/52
15/89

識別記号
5 0 1

F I
A 6 1 B 8/00
G 0 1 N 29/22
G 0 1 S 7/52
15/89

5 0 1

D

B

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平10-38280

(22)出願日 平成10年(1998) 2月20日

(71)出願人 000121936

ジーイー横河メディカルシステム株式会社
東京都日野市旭が丘 4 丁目 7 番地の127

(72)発明者 竹内 康人

東京都日野市旭が丘四丁目 7 番地の127
ジーイー横河メディカルシステム株式会社
内

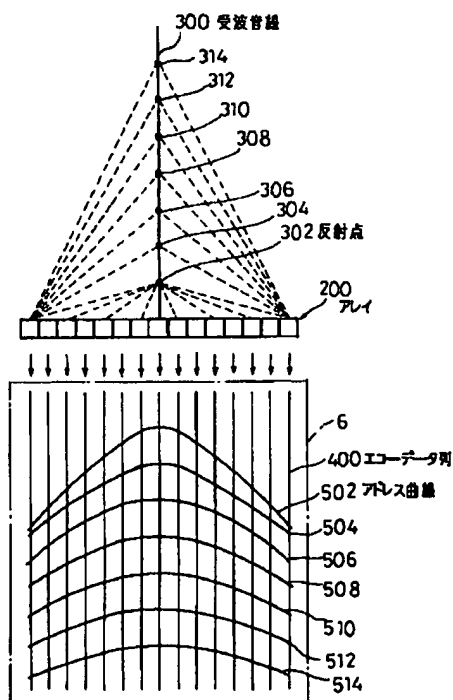
(74)代理人 弁理士 井島 藤治 (外 1 名)

(54)【発明の名称】 受波ビームフォーミング方法および装置並びに超音波撮像装置

(57)【要約】

【課題】 複数のプロセッサによるデータ処理の能率が高い受波ビームフォーミング方法および装置、並びに、そのような受波ビームフォーミング装置を備えた超音波撮像装置を実現する。

【解決手段】 撮像対象に超音波を送波してそのエコーを複数の受信素子のアレイ 200 で受信してメモリ 6 に記憶し、受波音線 300 上の反射点 302 ~ 314 からエコーがエコー信号列 400 上にそれぞれ位置するアドレス群 504 ~ 514 ごとに、複数のプロセッサによりそれぞれエコー信号を加算する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 撮像対象に超音波を送波してそのエコーを複数の受信素子のアレイで受信し、前記複数の受信素子がそれぞれ受信した複数のエコー信号列をメモリに記憶し、

受波音線上の複数の反射点からのエコーが前記記憶した複数のエコー信号列上にそれぞれ存在する位置に相当するアドレスで形成される前記複数の反射点に対応した複数のアドレス群ごとに、複数のプロセッサによりそれぞれ前記エコー信号を加算し、前記複数のプロセッサによる加算結果を統合して前記受波音線上的エコー受信信号を形成する、ことを特徴とする受波ビームフォーミング方法。

【請求項 2】 撮像対象に超音波を送波してそのエコーを複数の受信素子のアレイで受信する超音波送受信手段と、

前記複数の受信素子がそれぞれ受信した複数のエコー信号列を記憶する記憶手段と、

受波音線上の複数の反射点からのエコーが前記記憶した複数のエコー信号列上にそれぞれ存在する位置に相当するアドレスで形成される前記複数の反射点に対応した複数のアドレス群ごとに設けられ、前記複数のアドレス群ごとにそれぞれ前記エコー信号を加算する複数のプロセッサと、前記複数のプロセッサによる加算結果を統合して前記受波音線上的エコー受信信号を形成する受波ビーム形成手段と、を具備することを特徴とする受波ビームフォーミング装置。

【請求項 3】 撮像対象に超音波を送波してそのエコーを複数の受信素子のアレイで受信する超音波送受信手段と、

前記複数の受信素子がそれぞれ受信した複数のエコー信号列を記憶する記憶手段と、

受波音線上の複数の反射点からのエコーが前記記憶した複数のエコー信号列上にそれぞれ存在する位置に相当するアドレスで形成される前記複数の反射点に対応した複数のアドレス群ごとに設けられ、前記複数のアドレス群ごとそれぞれ前記エコー信号を加算する複数のプロセッサと、前記複数のプロセッサによる加算結果を統合して前記受波音線上的エコー受信信号を形成する受波ビーム形成手段と、

前記受波ビーム形成手段が形成したエコー受信信号に基づいて画像を生成する画像生成手段と、を具備することを特徴とする超音波撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、受波ビームフォーミング (beamforming) 方法および装置並びに超音波撮像装置に関し、特に、撮像対象に超音波を送波してそのエ

コー (echo) を複数の受信素子のアレイ (array) で受信してメモリ (memory) に記憶し、それらエコー信号を複数のプロセッサ (processor) で処理して受波ビームフォーミングを行なう受波ビームフォーミング方法および装置、並びに、そのような受波ビームフォーミング装置を備えた超音波撮像装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 超音波撮像装置における信号処理についてはデジタル (digital) 化が普及してきた。そのような超音波撮像装置の 1 つとして、例えば特開平 9-5 1895 号公報に記載のように、必然的にアナログ (analog) でなければならない超音波送受信系を除き、全ての信号処理系をデジタル化した超音波撮像装置がある。

【0003】 この超音波撮像装置では、複数の受信素子のアレイで受信した超音波エコーを受信素子ごとにメモリに記憶し、それらエコー信号をそれぞれ FFT (fast Fourier transform) 処理して周波数ドメイン (domain) の信号に変換し、周波数ドメインにおいて、複数のプロセッサによる同時並行処理ないし時分割多重処理により、受波ビームフォーミングを行なうようにしている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記のような受波ビームフォーミングを行なう場合、複数のプロセッサは、周波数ドメインでの受波ビームフォーミングに際し、例えば受信信号の位相調整および可変開口の調節等のために、同一のデータにおのおの独立にアクセス (access) してそれぞれのデータ処理を行なうので、複数のプロセッサ間でメモリアクセスが競合する頻度が高くなり、データ処理の能率が低下するという問題があった。

【0005】 本発明は上記の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、複数のプロセッサによるデータ処理の能率が高い受波ビームフォーミング方法および装置、並びに、そのような受波ビームフォーミング装置を備えた超音波撮像装置を実現することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 (1) 課題を解決するための第 1 の発明は、撮像対象に超音波を送波してそのエコーを複数の受信素子のアレイで受信し、前記複数の受信素子がそれぞれ受信した複数のエコー信号列をメモリに記憶し、受波音線上の複数の反射点からのエコーが前記記憶した複数のエコー信号列上にそれぞれ存在する位置に相当するアドレスで形成される前記複数の反射点に対応した複数のアドレス群ごとに、複数のプロセッサによりそれぞれ前記エコー信号を加算し、前記複数のプロセッサによる加算結果を統合して前記受波音線上的エコー受信信号を形成する、ことを特徴とする受波ビームフォーミング方法である。

【0007】 (2) 課題を解決するための第 2 の発明は、撮像対象に超音波を送波してそのエコーを複数の受信素子のアレイで受信する超音波送受信手段と、前記複

数の受信素子がそれぞれ受信した複数のエコー信号列を記憶する記憶手段と、受波音線上の複数の反射点からのエコーが前記記憶した複数のエコー信号列上にそれぞれ存在する位置に相当するアドレスで形成される前記複数の反射点に対応した複数のアドレス群ごとに設けられ、前記複数のアドレス群ごとにそれぞれ前記エコー信号を加算する複数のプロセッサと、前記複数のプロセッサによる加算結果を統合して前記受波音線上のエコー受信信号を形成する受波ビーム形成手段と、を具備することを特徴とする受波ビームフォーミング装置である。

【0008】(3)課題を解決するための第3の発明は、撮像対象に超音波を送波してそのエコーを複数の受信素子のアレイで受信する超音波送受信手段と、前記複数の受信素子がそれぞれ受信した複数のエコー信号列を記憶する記憶手段と、受波音線上の複数の反射点からのエコーが前記記憶した複数のエコー信号列上にそれぞれ存在する位置に相当するアドレスで形成される前記複数の反射点に対応した複数のアドレス群ごとに設けられ、前記複数のアドレス群ごとそれぞれ前記エコー信号を加算する複数のプロセッサと、前記複数のプロセッサによる加算結果を統合して前記受波音線上のエコー受信信号を形成する受波ビーム形成手段と、前記受波ビーム形成手段が形成したエコー受信信号に基づいて画像を生成する画像生成手段と、を具備することを特徴とする超音波撮像装置である。

【0009】第1の発明乃至第3の発明のいずれか1つにおいて、前記複数のエコー信号列の記憶は、予め受波音線の方位角を補償した上で行なうことが、複数のプロセッサの制御を簡素化する点で好ましい。

【0010】(作用)本発明では、エコー信号の記憶値に対し、複数のプロセッサが、それぞれ対応するアドレス群ごとにアクセスして競合を解消する。アドレス群は、受波音線上の共通の反射点からのエコーが複数のエコー信号列上にそれぞれ位置するアドレスであって、各エコーの位相が整合するアドレスであり、その記憶値を加算することにより整相加算が行なわれる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、本発明は実施の形態に限定されるものではない。図1に、超音波撮像装置のブロック図を示す。図2に、本装置によるデータ処理の流れをブロック図で示す。本装置は本発明の実施の一形態である。本装置の構成によって本発明の装置に関する実施の一形態が示される。本装置の動作によって本発明の方法に関する実施の一形態が示される。

【0012】図1に示すように、本装置は、超音波プローブ(probe)2と送受信部4を備えている。超音波プローブ2と送受信部4からなる部分は、本発明における超音波送受信手段の実施の一形態である。超音波プローブ(probe)2は複数の超音波トランスデューサ・エレメン

ト(transducer element)のアレイを有し、送受信部4で駆動されて、図示しない撮像対象すなわち被検体に超音波ビームを送波し、そのエコーを検出するようになっている。被検体は超音波ビームが形成する音線で走査される。超音波トランスデューサ・エレメントは、本発明における受信素子の実施の形態の一例である。

【0013】送受信部4は、超音波プローブ2を駆動して超音波ビームを送波させるとともに超音波プローブ2からエコー検出信号を受信し、エコー受信信号につき、検波しないRF(radio frequency)信号のままアナログ・デジタル(A/D)変換し、RFエコーメモリ(echo memory)6に書き込むようになっている。

【0014】RFエコーメモリ6は、超音波トランスデューサ・エレメントごとのエコー受信信号を、デジタルデータ(digital data)として記憶するようになっている。以下、記憶されたエコー受信信号をエコーデータという。RFエコーメモリ6は、本発明における記憶手段の実施の形態の一例である。超音波送波1回当たりのエコーデータが1つのメモリプレーン(memory plane)に記憶される。メモリプレーンは複数設けられ、複数回の超音波送波に対するエコーデータが記憶される。これによって、RFエコーメモリ6には、RFのままのエコー受信信号すなわちエコーのホログラム(hologram)が記憶される。このように、超音波プローブ2、送受信部4およびRFエコーメモリ6により、図2の処理ブロック20の処理が行われる。

【0015】RFエコーメモリ6に記憶されたエコーデータは、DSP(digital signal processor)アレイ8でデータ処理されるようになっている。DSPアレイ8は複数個のDSPによって構成される。DSPの数は、少なくとも後述する整相曲線の数を下回らないようになっている。DSPは本発明におけるプロセッサの実施の形態の一例である。なお、プロセッサはDSPに限るものではなく、例えばMPU(microprocessor)等、他の形式のプロセッサであって良い。DSPアレイ8は本発明における受波ビーム形成手段の実施の形態の一例である。

【0016】DSPアレイ8は、図示しない制御部による制御の下で、図2に示した処理ブロック22~26の処理を行う。すなわち、エコーデータについて受波ビームフォーミングを行い、その結果についてFFTを行って周波数ドメインのデータに変換する(22)。また、FFTしたデータについて、周波数ドメインにおいて、フィルタリング(filtering)、コンボリューション(convolution)、ドブラ(Doppler)/MTI(moving target indication)処理等のデータ処理を行い(24)、最後にiFFT(inverse fast Fourier transform)を行って時間ドメインの信号に戻す(26)。

【0017】DSPアレイ8によるこのようなデータ処理は、RFエコーメモリ6に記憶されたエコーデータ群について、複数のDSPにより同時並行ないし時分割多

重で遂行される。個々のDSPとRFエコーメモリ6の各メモリプレーンとの関係は特に固定されておらず、どのDSPも各メモリプレーン平等にアクセスできるようになっている。なお、DSPアレイ8はデータ処理の過程で図示しない作業用メモリを適宜に使用する。DSPアレイ8は、また、本発明における画像生成手段の実施の形態の一例である。

【0018】受波ビームフォーミングは、受波音線に沿った受信信号の形成に関わる。フィルタリングは、受信信号中の特定周波数成分の選択的通過あるいは阻止に関わる。コンボリューションはパルス圧縮（レンジコンプレッション(range compression)）に関わる。ドブラ／MTI処理はCFM(color flow mapping)画像等、動態画像の生成に関わる。

【0019】受波ビームフォーミングに当たって、DSPアレイ8は、RFエコーメモリ6に記憶されたエコーデータについて整相加算を行なう。図3に、DSPアレイ8によるエコーデータの整相加算の概念図を示す。以下、同図によって受波ビームフォーミングを説明する。

【0020】図3では、超音波トランスデューサ・エレメント（以下、単にエレメントという）のアレイ200が、アレイ200に垂直な方位を持つ受波音線300に沿ってエコーを受信し、エコーデータ列400を、エレメントごとにRFエコーメモリ6に記憶した状態を示す。

【0021】なお、エコーデータ列400は直線で表す。また、符号付けは1箇所代表する。エコーデータ列400の図における上端がデータ列の先頭であり、受信開始からの時間の経過に伴って、図における下方に向かってデータ列が形成されて行く。

【0022】このようなエコーデータ列において、受波音線300上の1つの反射点302からのエコー（の波面）は、反射点302から各エレメントまでの距離に応じた時間を経て各エレメントに到達する。このため、反射点302からのエコーは、各エコーデータ列では、それぞれのエレメントへの到達時間に相当する位置（アドレス）に存在する。

【0023】そのような複数のアドレス（アドレス群）を連ねることにより、アドレス曲線502が得られる。同様に、反射点304～314に対応して、アドレス曲線504～514がそれぞれ得られる。アドレス曲線502～514はいずれも双曲線となる。これら双曲線は反射点位置が深いものほど曲率が緩いものとなる。これらのアドレス曲線は、その上でのエコー信号の位相が同一になるアドレス曲線となる。以下、これを整相曲線ともいう。

【0024】各エコーデータ列中で、アドレス曲線502上のエコーデータはいずれも反射点302からのエコーを表すから、それらデータを抽出して全加算することにより、反射点302についてのAスコープ(scope)像

を表すデータ（Aスコープデータ）を得ることができる。このAスコープデータは反射点302に焦点の合ったものとなる。なお、データの全加算に当たっては、各データに適宜の重みを付すようにしても良い。これは受波の開口を可変にする点で好ましい。

【0025】同様に、アドレス曲線504～514上のエコーデータをそれぞれ全加算することにより、反射点304～314に焦点の合ったAスコープデータをそれぞれ得ることができる。このようにして、反射点302～314についてダイナミックフォーカス(dynamic focus)を伴ったAスコープデータを得ることができる。受波音線300上の他の全ての反射点についても同様なことがいえる。

【0026】そこで、受波音線300上に想定した例えば256個の反射点（画素点）に対応して256本の整相曲線を設定し、それら整相曲線ごとに別々なDSPによりエコーデータの全加算を行なう。なお、整相曲線は、被加算データの所在を示す図示しないアドレステーブル(address table)として、受波音線およびその上の各反射点に応じて予め設定される。

【0027】各整相曲線は、互いに異なる反射点に対応して互いに異なるものとなる。したがって、加算に用いるエコーデータのアドレスがそれぞれ異なり、アドレステーブルに基づく制御の下で別々なDSPにより同時並行的に処理してもデータアクセスの競合は発生しない。このため、複数のDSPによるデータ処理を能率良く遂行することができる。

【0028】各DSPでの全加算の結果を受波音線300上の反射点の並びに合わせて統合することにより、受波音線300に沿ったAスコープデータが形成される。すなわち、ダイナミックフォーカスを伴う受波ビームフォーミングが行なわれる。

【0029】他の方位の受波音線についても、同様にして逐一受波ビームフォーミングを行なう。その際、各方位に対応した整相曲線がそれぞれ用いられる。一例を挙げれば、図4に示すように、受波音線300'を図における左方向に偏向（ステアリング(steering)）させた状態では、反射点302'～314'に対応して整相曲線502'～514'を用いる。

【0030】ただし、この場合、整相曲線は例えば502'と504'のように、部分的に交叉するものがあり、その部分でメモリアクセスの競合が発生する可能性がある。そこで、図5に示すように、エコーデータをRFメモリ6に記憶するに当たり、各エコーデータ列400に適宜の傾斜を持つ遅延時間700を付与して、エコーデータに含まれる方位角に関するいわゆるステアリング項を補償し、見掛け上アレイ200に垂直な方位でのエコーデータ列400として記憶するようにしても良い。

【0031】これは、メモリアクセスの競合を回避する

するとともに、整相曲線 5 0 2'' ~ 5 1 4'' は、図 3 に示したものと同等なものを用いることができ、方位角ごとに個別の整相曲線のセット(set)を持つ必要がない点で好ましい。なお、遅延時間 7 0 0 の付与は、エコーデータの RF メモリ 6 への書込アドレスを修飾することにより行なう。

【0 0 3 2】上記のように受波ビームフォーミングを行なったエコーデータにつき FFT を行い、FFT したエコーデータについてフィルタリング以降の処理を行なう。フィルタリングに当たり、DSP アレイ 8 は、エコーデータと予め定めた適宜のフィルタ係数とで、対応するビン(bin) 同士で乗算を行なう。なお、ここで、ビンとは周波数ドメインにおけるデータ位置を意味する。

【0 0 3 3】コンボリューションに当たり、DSP アレイ 8 は、図 6 に示した処理ブロック 3 4 ~ 4 0 のデータ処理を行う。すなわち、エコーデータと適宜のコンボリューションカーネルデータ(convolution kernel data) についてそれぞれ FFT を行い、周波数ドメインに移行させる(3 4, 3 6)。なお、この処理は図 2 の処理ブロック 2 2 で行なわれる。次に、それら両データに対応するビン(bin) 同士で乗算する(3 8)。この処理は図 2 の処理ブロック 2 4 で行なわれる。最後に i FFT を行う(4 0)。この処理は図 2 の処理ブロック 2 6 で行なわれる。なお、コンボリューションカーネルデータは、予め例えば RF エコーメモリ 6 の一部を利用して記憶させることができる。勿論、汎用のメモリに書き込んでも良い。

【0 0 3 4】ドブラ/MTI 処理すなわち動態画像処理は、DSP アレイ 8 により、ビンのデータ列のパルス間、パケット(packet)間、フィールド(field) 間ないしフレーム(frame) 間の変化分抽出処理で行うことにより遂行される。

【0 0 3 5】この場合、処理ブロック 2 4 では、得ようとする B モード画像または CFM 画像に応じて、それぞれ別な処理を同じデータに施し、最後に処理ブロック 2 6 でおのおの 1 回の i FFT により、それぞれ対応する画像(の音線データ)を得ることができる。これによって、例えば B モード画像と CFM 画像とが同時並行的に処理できる。i FFT されたデータはコヒーレント B / CFM メモリ 1 0 に音線(方位) ごとに書き込まれる。40 受波ビームフォーミング時に、図 5 に示したように。ス*

* テアリング項の補償を行なったときは、ここで、ステアリング項の復活を行なう。

【0 0 3 6】コヒーレント B / CFM メモリ 1 0 に書き込まれた画像データはディスプレイマネージャ(display manager) 1 2 を通じて表示部 1 4 に与えられ画像として表示される。その際、ディスプレイマネージャ 1 2 は図 2 の処理ブロック 2 8 の処理、すなわち対数圧縮、ビデオ処理、計測、表示等の処理を行う。

【0 0 3 7】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、複数のプロセッサによるデータ処理の能率が高い受波ビームフォーミング方法および装置並びにそのような受波ビームフォーミング装置を備えた超音波撮像装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態の一例の装置のブロック図である。

【図 2】本発明の実施の形態の一例の装置における信号処理の流れを示すブロック図である。

【図 3】本発明の実施の形態の一例の装置における受波ビームフォーミングの概念図である。

【図 4】本発明の実施の形態の一例の装置における受波ビームフォーミングの概念図である。

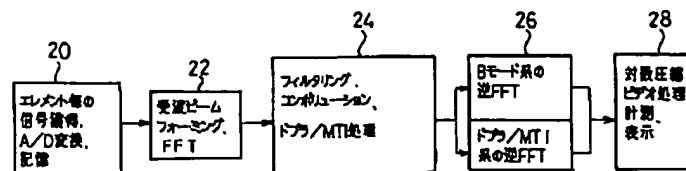
【図 5】本発明の実施の形態の一例の装置における受波ビームフォーミングの概念図である。

【図 6】本発明の実施の形態の一例の装置におけるコンボリューション処理の流れを示すブロック図である。

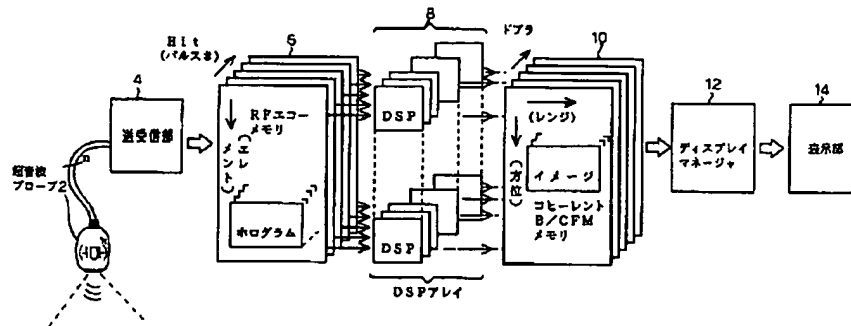
【符号の説明】

- 2 超音波プローブ
- 4 送受信部
- 6 RF エコーメモリ
- 8 DSP アレイ
- 1 0 コヒーレント B / CFM メモリ
- 1 2 ディスプレイマネージャ
- 1 4 表示部
- 2 0 0 アレイ
- 3 0 0 受波音線
- 3 0 2 ~ 3 1 4 反射点
- 4 0 0 エコーデータ列
- 5 0 2 ~ 5 1 4 アドレス曲線

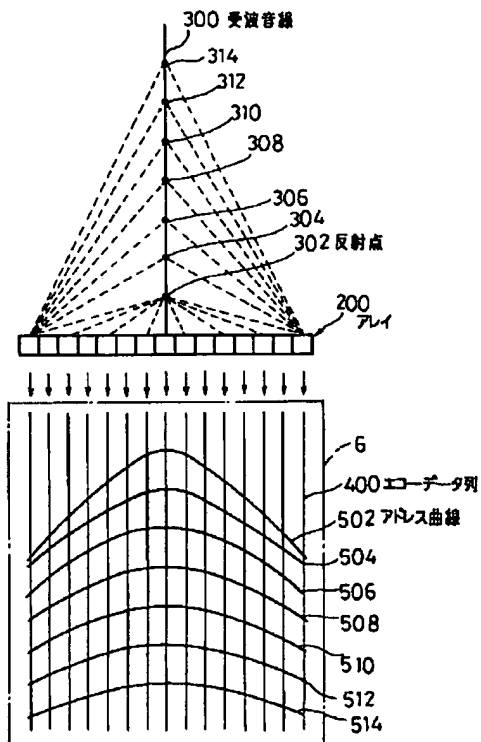
【図 2】



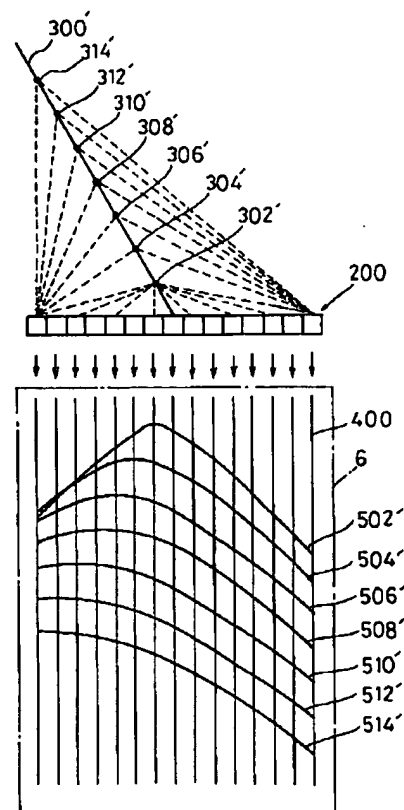
【図 1】



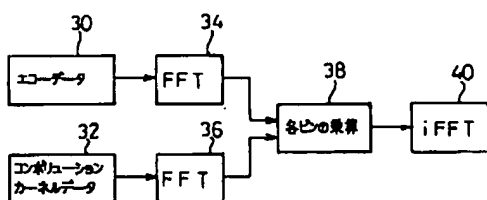
【図 3】



【図 4】



【図 6】



【図 5】

